

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-081777

(43)Date of publication of application : 26.03.1996

(51)Int.Cl.

C23C 16/50

C23C 16/08

H01L 21/205

H01L 21/285

H05H 1/46

(21)Application number : 06-220592

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 14.09.1994

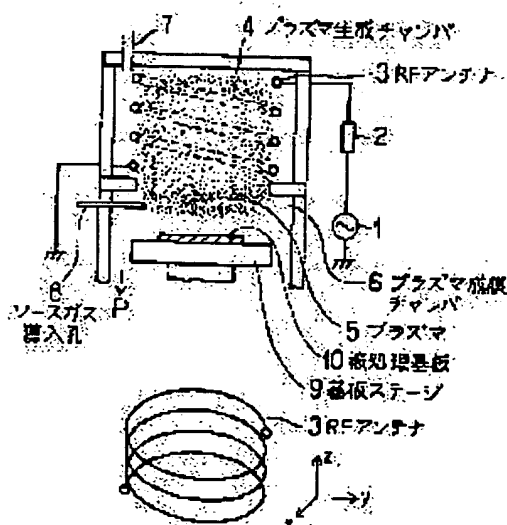
(72)Inventor : TATSUMI TETSUYA

(54) PLASMA CVD DEVICE AND PLASMA CVD METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the plasma CVD device and method capable of forming even a stable and high-quality conductive thin film of Ti, etc., in the plasma CVD producing plasma with the induction coupling by an RF antenna.

CONSTITUTION: An RF antenna 3 is arranged at the part in contact with the plasma in a plasma producing chamber 4, and an electric field from the antenna 3 is directly impressed on the plasma 5. The surface of the antenna 3 is previously coated with a material contg. an element constituting a film forming material. Since the electric field of the antenna is not transmitted through the dielectric window of the plasma producing chamber unlike the conventional device, a decrease in the electric field strength due to the deposition of a conductive film on the dielectric window is prevented, and treatment is conducted with the constant high-density plasma.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.07.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3473121

[Date of registration]

19.09.2003

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-81777

(43) 公開日 平成8年(1996)3月26日

(51) Int. CL ⁶	識別記号	片内整理番号	P I	技術表示箇所
C 2 3 C 16/50				
16/08				
H 0 1 L 21/205				
21/285	C			
H 0 5 H 1/46	L	9216-2G		

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-220592

(22) 出願日 平成6年(1994)9月14日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 辰巳 哲也

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

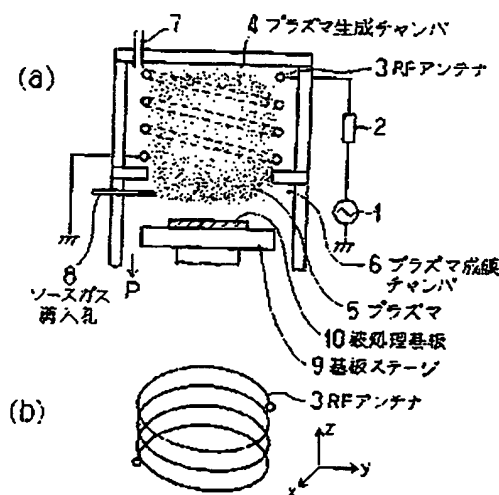
(54) 【発明の名称】 プラズマCVD装置およびプラズマCVD方法

(57) 【要約】

【目的】 RFアンテナによる誘導結合でプラズマを生成するプラズマCVDにおいて、Ti等の導電性薄膜であっても、安定で膜質のよい成膜を可能とするプラズマCVD装置および方法を提供する。

【構成】 RFアンテナ3をプラズマ生成チャンバ4内のプラズマ領域に接する部分に配置し、RFアンテナ3からの電界を直接プラズマ5に印加する。RFアンテナ3表面は、成膜材料の構成元素を含む材料でコーティングしておく。

【効果】 従来の装置のように、プラズマ生成チャンバの誘電体窓を介してアンテナの電界を伝播する方式を採らないので、誘電体窓への導電性付着膜による電界強度の減少を防止でき、一定の高密度プラズマによる処理が可能となる。



(2)

特開平8-81777

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 RFアンテナ、プラズマ生成チャンバ、ソースガス導入孔および基板ステージを具備する誘導結合型プラズマCVD装置であって、前記プラズマ生成チャンバ内のプラズマ領域に接する位置に、前記RFアンテナを配設することを特徴とする、プラズマCVD装置。

【請求項2】 RFアンテナ形状は、円筒コイル状および平面コイル状のうちのいずれかであることを特徴とする、請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項3】 RFアンテナの少なくとも表面は、成膜材料の構成元素を含む材料で被覆することを特徴とする、請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項4】 プラズマ成膜チャンバ壁面の加熱手段を有することを特徴とする、請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項5】 ソースガス導入孔は、RFアンテナと基板ステージの間に配設することを特徴とする、請求項1記載のプラズマCVD装置。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれか1項記載のプラズマCVD装置により、被処理基板上に薄膜を形成することを特徴とする、プラズマCVD方法。

【請求項7】 薄膜は、導電性薄膜であることを特徴とする、請求項6記載のプラズマCVD方法。

【請求項8】 ハロゲン系ガスを添加することを特徴とする、請求項6記載のプラズマCVD方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体装置等の製造工程に用いられるプラズマCVD装置およびプラズマCVD方法に関し、さらに詳しくは、再現性が高くスループットの良い成膜を可能とする、プラズマCVD装置およびプラズマCVD方法に関する。

【0002】

【従来の技術】LSI等の半導体装置のデザインルールがハーフミクロンからクォータミクロンあるいはそれ以下のレベルへと微細化し、かつ多層配線構造が多用されるに伴い、配線層間を接続するための接続孔のアスペクト比は増大する傾向にある。例えば、0.2μmルールの半導体装置においては、接続孔の開口径0.2μmに対し、層間絶縁膜の厚さは1μm近くあるので、アスペクト比は5に達する場合がある。かかる微細で高アスペクト比の接続孔により、信頼性の高い多層配線構造を達成するには、接続孔内にオーミックコンタクト用のTi層と、配線材料の拡散を防止するバリアメタルであるTiN層やTiON層をコンフォーマルに形成した後、Al系金属膜の高温スパッタリングや、Wの選択CVDやブランケットCVDにより、上層配線材料やコンタクトプラグで接続孔を充填する方法が採用される。

【0003】通常、Ti層やTiN層を形成するには、

2

Ti金属をターゲット材料としたスパッタリングや、反応性スパッタリングが行われる。中でもスパッタリング粒子の垂直入射成分を高めたコリメーション・スパッタリングが注目されているが、ステップカバレッジに優れたこの方法も、アスペクト比が5にも達する微細接続孔内にコンフォーマルに成膜することは困難である。この問題を図4および図5(a)～(d)を参照して説明する。

【0004】図4はコリメーション・スパッタリング装置の一構成例を示す概略断面図である。基板ステージ9に載置された被処理基板10に対向して、Ti金属材料からなるターゲット11を配置し、ガス導入孔(図示せず)からArやN₂等のガスを導入し、スパッタリングチャンバ13内を所定の減圧雰囲気にした後、被処理基板10とターゲット11の間にRF電力を印加する。ターゲットからスパッタされたTiは、被処理基板10とターゲット11の中間位置に配設されたコリメータ12を通過してそのままTi金属として、あるいはN₂と反応してTiNとなり被処理基板10上に堆積する。コリメータ12は、被処理基板10の表面に対し垂直の方向に、多数の貫通孔が高開口率に開口した構造を有する多孔板であり、被処理基板への垂直入射粒子成分を増大する。セラミクスや金属からなる部材である。なお同図では、真空ポンプや基板加熱機構等の細部は図示を省略する。

【0005】このコリメーション・スパッタリング装置を用いて、接続孔が形成された被処理基板上にTi層およびTiN層を形成するプロセスを図5(a)～(d)を参照して説明する。まず、不純物拡散層(図示せず)等の能動素子が形成されたSi等の半導体基板31上にSiO₂等からなる1μmの厚さの層間絶縁膜32を形成し、不純物拡散層に臨む0.2μm径の接続孔33を開孔する。図5(a)に示すこのサンプルを被処理基板とする。次にこの被処理基板10を200℃に加熱した基板ステージ9上に載置し、Arを25sccm、チャンバ内圧力0.2Pa、RF電力8kwのスパッタリング条件でTi層34を10nm形成して図5(b)に示す状態とする。つぎにN₂を同じく25sccm追加して導入した他は同じスパッタリング条件で、TiN層35を20nm形成する。このとき、図5(c)に示すように、接続孔33上のTiN層35はオーバーハング形状に堆積し、接続孔33底部の周辺部は薄く形成される。この状態でAl系金属膜36を高温スパッタリング等により形成すると、図5(d)に示すようにボイド37が発生し、コンタクトプラグの信頼性に問題が生じる場合がある。ボイド37は、Al系金属膜のスパッタリングの代わりにWのCVDを採用する場合にも、同じように発生する。

【0006】コリメーション法を含めたこれらスパッタリングにおけるステップカバレッジの問題を解決する

(3)

特開平8-81777

3

ため、TiCl₄を用いたプラズマCVDが、例えば、
半導体・集積回路技術第44回シンポジウム講演論文集
31ページ(1993)に報告されている。TiCl₄
を原料ガスとして用いるこの方法は、H₂還元によるTi
1層と、さらにこのガス系にN₂を添加して、TiN層
を連続して成膜することが可能である。なかでも、EC
RプラズマCVD装置や、RFアンテナを用いた誘導結
合プラズマCVD装置によれば、10⁻³Pa台の高真空
度での高密度プラズマを利用でき、ステップカバレッジ
と成膜速度の高さを両立したスループットの高い成膜が
可能である。

【0007】しかしながら、従来のRFアンテナを用い
た誘導結合型プラズマCVD装置にあっては、プラズマ
生成チャンバ内壁の電界の入射部分にTi等の導電性膜
が付着し、実効的なRF入射パワーが減少して安定した
成膜が困難となる場合があった。この問題を図6および
図7を参照して説明する。

【0008】図6は従来のICP(Inductively Coupled Plasma)によるプラズマ
CVD装置の概略断面図である。プラズマ生成チャンバ
4の側壁は誘電体材料窓14で形成し、この外周をRF
アンテナ3で巻回する。誘電体材料窓14は石英等から
なる円筒系の部材である。RFアンテナ3にはRF電源
1からマッチングネットワーク2を介してRFパワーを
供給する。プラズマ生成チャンバ4上部にはプラズマガ
ス導入孔7を配し、ここからプラズマCVDの原料ガス
を供給し、プラズマ5を生成する。プラズマ生成チャン
バ4の下部にはプラズマ成膜チャンバ6を接続し、内部
の基板ステージ9上に載置した被処理基板10上に成膜
をおこなう。なお同図では基板ステージ9の温度制御手
段、真空ポンプ等の細部は図示を省略する。

【0009】図7は従来のTCP(Transformers Coupled Plasma)によるプラズマ
CVD装置の概略断面図である。本装置は、プラズマ成
膜チャンバ4の天板が誘電体材料窓14となっており、
この上部に接して渦巻状のRFアンテナ3を配設する。
誘電体材料窓14は石英等からなる円板状の部材であ
る。上記以外の他の構成は図6に示したICPによるプ
ラズマCVD装置と同じであり、重複する説明を省略す
る。

【0010】上記2例のプラズマCVD装置は、いづれ
もプラズマ生成チャンバ4の外周に近接してRFアンテ
ナ3を配設しており、誘電体材料窓14を介してRF電
界をプラズマ生成チャンバ4内に導入している。このた
め、誘電体材料窓14の内部にガスの分解生成物が付着
膜15となって堆積し、特にこの付着膜15が導電性薄
膜の場合にはRF電界がシールドされる結果となる。し
たがって実効的なRF入射パワーが減少し、デポジション
レートや膜質が低下して安定した成膜が困難となる場
合があった。これは、上記2例のプラズマCVD装置に

4

限らず、RFアンテナを用いた誘導結合プラズマCVD
装置に共通の問題であった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】そこで本発明の課題
は、安定で再現性の高い成膜を可能とする、RFアンテ
ナを有する誘導結合型プラズマCVD装置を提供するこ
とである。

【0012】また本発明の課題は、上記プラズマCVD
装置を用いて、安定で再現性が高く、しかもステップカ
バレッジのよいプラズマCVD方法を提供することであ
る。本発明の上記以外の課題は、本願明細書および添付
図面の説明により明らかとなる。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明のプラズマCVD
装置は、上述の課題を解決するために提案するものであ
り、RFアンテナ、プラズマ生成チャンバ、ソースガス
導入孔および基板ステージを具えた誘導結合型プラズマ
CVD装置であって、このプラズマ生成チャンバ内のプ
ラズマ領域に接する位置に、RFアンテナを配設するこ
とを特徴とするものである。

【0014】RFアンテナ形状は、円筒コイル状および
平面コイル状のいずれかであり、しかもこのRFアンテ
ナの少なくとも表面は、成膜材料の構成元素を含む材料
で被覆することが望ましい。例えば、TiやTiNを成
膜する際には、RFアンテナの表面はTiで被覆すれば
よい。

【0015】また、プラズマ成膜チャンバ壁面の加熱手
段を有することが望ましい。RFアンテナをプラズマ生
成チャンバの内部に配設することにより、プラズマ生
成チャンバの構成材料は特に制限はなくなり、また抵抗加
熱ヒータ等をプラズマ成膜チャンバ内壁面上や壁内に配
設することが可能となる。プラズマ生成チャンバの構成
材料は、Al合金等の金属材料や石英等を用いることが
できる。

【0016】さらに、ソースガス導入孔は、RFアンテ
ナと基板ステージの間に配設することを望ましい。す
なわち、堆積性ガスの導入位置はRFアンテナより下流
側、換言すればRFアンテナより真空ポンプに近い位置
に配設することが望ましい。

【0017】本発明のプラズマCVD方法は、上述の課
題を解決するために提案するものであり、上記したプ
ラズマCVD装置を用いて、被処理基板上に薄膜を形成す
ることを特徴とするものである。本プラズマCVD方法
は導電性薄膜の堆積に用いて効果的であり、さらにF系
ガス、Cl系ガス、Br系ガス等のハロゲン系ガスを添
加した混合ガスを用いることが望ましい。

【0018】

【作用】本発明のプラズマCVD装置のポイントは、RF
アンテナをプラズマ成膜チャンバの内部に配設した点
にある。この構成により、RFアンテナの電界は直接プ

(4)

特開平8-81777

5

ラズマに伝播され、効率のよいプラズマ生成が可能となる。すなわち、誘電体材料窓を介してRFアンテナの電界を伝播するのではないので、誘電体材料窓に導電性薄膜が付着して電界がシールドされるといった不都合は原理的に発生しない。

【0019】この際、RFアンテナの少なくとも表面は、成膜材料の構成元素を含む材料で被覆しておけば、例えばRFアンテナがスパッタされても、被処理基板上に堆積する薄膜はクロスコンタミネーションを起こすことはない。

【0020】またRFアンテナをプラズマ成膜チャンバの内部に配設したことにより、プラズマ成膜チャンバ壁面の加熱手段を導入することが可能となる。これは、ソースガスに有機金属化合物を用いる場合には、有機系の堆積物がプラズマ成膜チャンバ内壁に付着する現象を防止でき、チャンバ内の汚染や被処理基板のパーティクル汚染の減少に効果的である。

【0021】さらに、堆積性のソースガス導入孔はRFアンテナと基板ステージの間に配設したので、ソースガスがRFアンテナ側に逆流する可能性は少なく、RFアンテナへの堆積は抑制される。また、例えばRFアンテナに薄膜が堆積しても、RFアンテナのインピーダンス変化は極めて小さく、マッチングネットワークの調整は容易である。

【0022】次に、本プラズマCVD方法のポイントは、上記したプラズマCVD装置を用いて被処理基板上に薄膜を形成する点にある。したがって、誘電体材料窓への堆積物に影響されず、安定で再現性の高いプラズマCVD処理が可能となる。

【0023】さらに、エッチング性のあるハロゲン系ガスを添加することにより、RFアンテナやプラズマ生成チャンバ等への膜堆積は最小限に抑制される。本発明のプラズマCVD方法は、材料を問わず上記効果を発揮するが、特に導電性薄膜のプラズマCVDに用いて効果が大きい。

【0024】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例につき添付図面を参照して説明する。なお、以下に参照する図面において、従来技術の説明で参照した図面中の構成要素と同じ部分については、同一の参照符号を付すものとする。

【0025】実施例1

本実施例は、円筒コイル状のRFアンテナを用いた誘導結合型プラズマCVD装置により、Ti層およびTiN層を連続的に形成した例でありこれを図1(a)～(b)および図3(a)～(d)を参照して説明する。

【0026】まず、本実施例のプラズマCVD装置の構成例につき、図1(a)に示す概略断面図を参照して説明する。本装置は、プラズマ生成チャンバ4側面内部のプラズマに接する位置に、円筒コイル状のRFアンテナ3を配設し、マッチングネットワーク2を経由してRF

6

電源1からRF電力を供給する。プラズマ生成チャンバ4の壁面は例えばAl系金属で構成し、抵抗加熱ヒータによる加熱手段(図示せず)を有している。プラズマ成膜チャンバ4上部にはプラズマガス導入孔7を配し、ここからプラズマ生成用のガスやハロゲン系ガスを供給し、プラズマ5を生成する。プラズマ成膜チャンバ4の下部には成膜チャンバ6を接続し、内部にはRFアンテナ3の中心軸の延長線上に、基板ステージ9上に載置した被処理基板10を配置する。RFアンテナ3と基板ステージ9の中間の位置に、ソースガス導入孔7を配し、ここから堆積性のガスを成膜チャンバ6内に直接導入する。なお同図では基板ステージ9の温度制御手段、真空ポンプ等の細部は図示を省略する。

【0027】RFアンテナ3は図1(b)に示す円筒コイル形状をなし、一例としてCuを構成材料とし、その表面をTiまたはTiNで被覆したものである。なおこのRFアンテナは、中空パイプとし、内部に水のような冷媒を通して冷却すれば、イオン衝撃による昇温を抑えることが可能である。なおこのRFアンテナ3は、プラズマ生成チャンバ4側面が傾斜したテーパ形状をなしている場合には、その傾斜面に沿ったテーパ付き円筒形状であってもよい。図1(b)に示すRFアンテナ構造によれば、プラズマ生成チャンバ5側面に沿った面内における電子の回転運動により、均一でかつ高密度のプラズマを発生することが可能である。

【0028】つぎに、本発明のプラズマCVD方法につき、図3(a)～(d)を参照して説明する。本実施例で用いた被処理基板は、従来例の説明で参照した図5(a)と同一であるので、重複する説明を省略する。

【0029】この被処理基板の接続孔33底部に露出する並設層上の自然酸化膜を希HF水溶液洗浄で除去した後、図1に示したプラズマCVD装置の基板ステージ9上に載置し、一例として下記条件によりTi層を10nm堆積する。プラズマガス導入孔7より

He	100	sccm
Cl ₂	30	sccm

ソースガス導入孔8より

TiCl ₄	20	sccm
H ₂	40	sccm

ガス圧力 0.1 Pa

RF電源パワー 2000 W(13.56 MHz)

基板ステージ温度 450 °C

成膜後の状態を図3(b)に示す。本プラズマCVD工程においては、He/Cl₂混合ガスによるプラズマ5が生成し、このプラズマ5によってソースガスとなるTiCl₄を解離し、ガスフローの下流に位置する被処理基板10上にTi層34が形成される。解離生成したTi系のブリカーサの1部はプラズマ生成チャンバ4に拡散し、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3

(5)

特開平8-81777

7

に付着するが、この付着量は僅かであり、またRFアンテナ3はプラズマ5領域に接しており、誘電体材料窓を介した結合ではないので、RFの入射パワーが源減することはない。TiのエッチングガスであるCl₂を添加していることも、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3に付着するTiの量の低減に寄与する。したがって、安定したデポジションレートで膜質のよい、またオーバハングのないTi層34の成膜が可能である。

【0030】続けて、下記条件により20nmの厚さにTiNの成膜をおこなう。プラズマガス導入孔7より

He	100	sccm
Cl ₂	30	sccm
ソースガス導入孔8より		
TiCl ₄	20	sccm
N ₂	30	sccm
H ₂	10	sccm
ガス圧力	0.1	Pa
RF電源パワー	2000	W (13.56 MHz)
基板ステージ温度	450	°C

本プラズマCVD工程では、He/Cl₂混合ガスによるプラズマ5が生成し、このプラズマ5によってソースガスとなるTiCl₄、およびN₂を解離し、ガスフローの下流に位置する被処理基板10上にTiN層35が形成される。解離生成したTiN系のブリカーサの1部はプラズマ生成チャンバ4に拡散し、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3に付着する。しかしこの付着量は僅かであり、またRFアンテナ3はプラズマ5領域に接しており、誘電体材料窓を介した結合ではないので、RFの入射パワーが源減することはない。TiNのエッチングガスであるCl₂を添加していることも、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3に付着するTiNの量の低減に寄与する。したがって、安定したデポジションレートで膜質のよい、またオーバハングのないTiN層35の成膜が可能である。この状態を図3(c)に示す。

【0031】次に本プラズマ処理装置にゲートバルブを介して接続したスパッタリング装置に被処理基板10を搬送し、公知の高温スパッタリングによりAl系金属層36を形成し、接続孔33内部を埋め込む。TiN層35のオーバハングがないことから、Al系金属層36はボイドを発生することなく接続孔33内を充填し、しかもその表面は平坦に形成することができた。この状態を図3(d)に示す。

【0032】本実施例によれば、円筒状のRFアンテナ3をプラズマ成膜チャンバ4内のプラズマ領域に接する位置に配設することにより、実用的なデポジションレートで、ステップカバレージと膜質にすぐれた導電性薄膜を増積することが可能である。

【0033】実施例2

8

本実施例は、平面コイル状のRFアンテナを用いた誘導結合型プラズマCVD装置により、Ti層およびTiN層を連続的に形成した例でありこれを図2(a)～

(b)および図3(a)～(d)を参照して説明する。

【0034】まず、本実施例のプラズマCVD装置の構成例につき、図2(a)に示す概略断面図を参照して説明する。本装置は、プラズマ生成チャンバ4の天板近傍のプラズマに接する位置に、平面コイル状のRFアンテナ3を配設し、マッチングネットワーク2を経由してRF電源1からRF電力を供給する。プラズマ生成チャンバ4の天板や壁面は例えばAl系金属で構成し、抵抗加熱ヒータによる加熱手段(図示せず)を有している。プラズマ生成チャンバ4上部にはプラズマガス導入孔7を配し、ここからプラズマ生成用のガスやハロゲン系ガスを供給し、プラズマ5を生成する。プラズマ成膜チャンバ4の下部には成膜チャンバ6を接続し、内部にはRFアンテナ3の中心軸の延長線上に、基板ステージ9上に載置した被処理基板10を配置する。RFアンテナ3と基板ステージ9の中間の位置に、ソースガス導入孔7を配し、ここから増殖性のガスを成膜チャンバ6内に直接導入する。なお同図では基板ステージ9の温度制御手段、真空ポンプ等の細部は図示を省略する。

【0035】RFアンテナ3は図2(b)に示す形状をなし、一例としてCuを構成材料とし、その表面をTiまたはTiN等のTi化合物で被覆したものである。図2(b)においては、RFアンテナ3は完全な2次元平面コイル状であるが、プラズマ成膜チャンバ4の天板が曲率を持ったドーム状の場合には、この曲率に沿った3次元形状をなしてもよい。なおこのRFアンテナは、中空パイプとし、内部に水のような冷媒を通して冷却すれば、イオン衝撃による昇温を抑えることが可能である。図2(b)に示すRFアンテナ構造によれば、天板に沿った面内における電子の回転運動により、均一でかつ高密度のプラズマを発生することが可能である。

【0036】つぎに、本発明のプラズマCVD方法につき、再び図3(a)～(d)を参照して説明する。本実施例で用いた被処理基板も、従来例の説明で参照した図5(a)と同一であるので、重複する説明を省略する。

【0037】この被処理基板の接続孔33底部に露出する拡散層上の自然酸化膜を希HF水溶液洗浄で除去した後、図1に示したプラズマCVD装置の基板ステージ9上に載置し、一例として下記条件によりTi層を10nm増積する。プラズマガス導入孔7より

H ₂	20	sccm
Cl ₂	30	sccm
ソースガス導入孔8より		
TiCl ₄	30	sccm
ガス圧力	0.5	Pa
RF電源パワー	1500	W (13.56 MHz)

(5)

特開平8-81777

9

10

基板ステージ温度 400 °C
成膜後の状態を図3 (b) に示す。本プラズマCVD工程においては、 H_2 / Cl_2 混合ガスによるプラズマ5が生成し、このプラズマ5によってソースガスとなる $TiCl_4$ を解離し、ガスフローの下流に位置する被処理基板10上に Ti 層34が形成される。解離生成した Ti 系のプリカーサの1部はプラズマ生成チャンバ4に拡散し、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3に付着するが、この付着量は僅かであり、またRFアンテナ3はプラズマ5領域に接しており、誘電体材料窓を介した結合ではないので、RFの入射パワーが減衰することはない。 Ti のエッチングガスである Cl_2 を添加していることも、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3に付着する Ti の量の低減に寄与する。したがって、安定したデポジションレートで膜質のよい、またオーバハングのない Ti 層34の成膜が可能である。

【0038】続けて、下記条件により20nmの厚さに TiN の成膜をおこなう。プラズマガス導入孔7より

H_2 20 sccm
 Cl_2 30 sccm

ソースガス導入孔8より

$TiCl_4$ 30 sccm
 N_2 20 sccm
ガス圧力 0.5 Pa
RF電源パワー 1500 W (13.56 MHz)

基板ステージ温度 400 °C

本プラズマCVD工程では、 H_2 / Cl_2 混合ガスによるプラズマ5が生成し、このプラズマ5によってソースガスとなる $TiCl_4$ 、および N_2 を解離し、ガスフローの下流に位置する被処理基板10上に Ti 層35が形成される。解離生成した TiN 系のプリカーサの1部はプラズマ生成チャンバ4に拡散し、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3に付着する。しかしこの付着量は僅かであり、またRFアンテナ3はプラズマ5領域に接しており、誘電体材料窓を介した結合ではないので、RFの入射パワーが減衰することはない。 TiN のエッチングガスである Cl_2 を添加していることも、プラズマ生成チャンバ4の内壁やRFアンテナ3に付着する TiN の量の低減に寄与する。したがって、安定したデポジションレートで膜質のよい、またオーバハングのない TiN 層35の成膜が可能である。この状態を図3 (c) に示す。次の図3 (d) に示す Al 系金属層36の形成は、前実施例と同じであるので説明を省略する。

【0039】本実施例によれば、平面状のRFアンテナ3をプラズマ成膜チャンバ4内のプラズマ領域に接する位置に配設することにより、実用的なデポジションレートで、ステップカバレージと膜質にすぐれた導電性薄膜を堆積することが可能である。

【0040】上述した2例の実施例とも、RFアンテナ

3の配置個所をプラズマ生成チャンバ4のプラズマ5領域に接する位置に配置した以外は、基本的には従来のICP装置あるいはTCP装置と変わりはない。したがって、いずれも高密度プラズマの発生が可能であり、成膜速度、均一性とともによれたプラズマCVDが可能である。

【0041】以上、本発明を2例の実施例を説明したが、本発明は以上の実施例に限定されるものではなく、各種の実施態様が可能である。例えば、RFアンテナを有する誘導結合型のプラズマCVD装置として、ヘリコン波プラズマCVD装置のように円筒ループ状RFアンテナを有する装置であってもよい。この装置は、米国特許第5,091,049号明細書に開示されているように、石英等によるベルジャの外国に複数のループ状のアンテナを配し、互いに逆位相の高周波を印加してベルジャ内にホイッスラ波を発生し、ホイッスラ波からランダウダンピングの過程を経て電子へエネルギーを輸送してこれを加速し、高速電子を処理ガス分子に衝突させ、高イオン電流密度を得るものである。ヘリコン波は、RFアンテナの外周に設置したソレノイドコイルの作る磁場に沿って伝播する。

【0042】上記ヘリコン波プラズマCVD装置の場合にも、誘電体のベルジャを介してRFアンテナの作る電界を印加しているため、ベルジャ内壁に付着膜による堆積が生じ、RF電界がシールドされる場合があった。そこで本発明を適用し、ベルジャ内部にヘリコン波アンテナを配設する構成とすれば、ヘリコン波アンテナの入射パワーは安定し、デポジションレートと膜質にすぐれたプラズマCVD処理が可能となる。

【0043】堆積する導電性薄膜として Ti と TiN を例示したが、 TiW 、 $TiON$ や多結晶シリコン等、他の金属や金属化合物、半導体薄膜を堆積する際に広く用いることが可能である。また導電性薄膜の他にも絶縁性薄膜の堆積に用いてもよいことは言うまでもない。

【0044】 Ti と TiN のソースガスとして $TiCl_4$ 、($mp = -25^\circ C$ 、 $bp = 136^\circ C$)を例示したが、 TiF_4 、($284^\circ C$ で昇華)や $TiBr_4$ 、($mp = 39^\circ C$ 、 $bp = 230^\circ C$)等の各種ハロゲン化チタンを用いることができる。また、有機チタン化合物として、 $Ti(CH_3)_4$ 、(テトラジメチルアミノチタニウム)や $Ti(N(C_2H_5)_2)_4$ 、(テトラジエチルアミノチタニウム)等の使用も可能である。これらのハロゲン化チタンおよび有機 Ti 化合物は、公知のバーニング法またはキャリアガスを用いた加熱バブリング法でプラズマCVD装置へ導入すればよい。 $TiCl_4$ は室温で液体であり、取り扱いが比較的簡便であることから好ましく用いることができる。

【0045】 TiN のソースガスの一方である窒素系ガスとして N_2 を例示したが、 NH_3 、 N_2H_4 等、窒素原子を有するガスを適宜用いることができる。またソー

(7)

特開平8-81777

11

スガス中にさらに O_2 や NO 系ガス等の等酸素系ガスを添加して、 $TiON$ を形成する場合にも本発明の効果は発揮される。

【0046】またプラズマと同時に低圧H γ ランプやエキシマレーザ、ハロゲンランプ等、励起光ビームを照射する光プラズマCVDに本発明を適用してもよい。

【0047】

【発明の効果】以上の説明から明かなように、本発明のプラズマCVD装置によれば、誘導結合型のRFアンテナを、プラズマ成膜チャンバの内部のプラズマ領域に接する部分に配設したことにより、プラズマ生成チャンバ内壁面への付着膜の影響から解放される。このため、導電性の薄膜であっても、高密度プラズマを安定して発生しうるプラズマCVD装置を提供することが可能となった。

【0048】RFアンテナの表面は、堆積する成膜材料の構成元素を含む材料で被覆しておけば、RFアンテナのスパッタによる被処理基板のコンタミネーションの虞はない。

【0049】RFアンテナをプラズマ生成チャンバの内部に配設することにより、プラズマ生成チャンバの材質を例えばAl系金属等の金属材料で構成することが可能となる。このため、プラズマ生成チャンバ内壁面に抵抗加熱ヒータ等の加熱手段を付加することが可能になる。これにより、ソースガスとして有機金属化合物を使用する場合に、プラズマ生成チャンバ内壁面に有機付着物が堆積する現象を防止でき、パーティクル汚染の減少に寄与する。

【0050】さらに、 $TiCl_4$ 等、堆積に直接寄与するソースガス導入孔はRFアンテナと基板ステージの間に配設することにより、プラズマ生成チャンバやRFアンテナへの堆積が減少する。

【0051】また、本発明のプラズマCVD方法によれば、 Ti や TiN 等の導電性薄膜の形成であっても、高密度プラズマを用いた、デポジションレートが高く膜質にすぐれた薄膜を、安定して再現性よく成膜することが可能である。

【0052】またプラズマCVDにおける反応ガス中に、形成材料のエッチングガスとなるハロゲン系ガスを添加しておけば、RFアンテナやプラズマ生成チャンバ内壁面への膜付着をさらに低減でき、パーティクル汚染が低減できる。

【0053】上記効果により、本発明はディープ・サブミクロンクラスの微細なデザインルールに基づく多層配線を有する半導体装置の製造プロセスに寄与するところ大であり、本発明の産業上の利用価値は高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した実施例1のプラズマCVD装

12

置の説明に供する図面であり、(a)はプラズマCVD装置の概略断面図、(b)はRFアンテナの形状を示す斜視図である。

【図2】本発明を適用した実施例2のプラズマCVD装置の説明に供する図面であり、(a)はプラズマCVD装置の概略断面図、(b)はRFアンテナの形状を示す斜視図である。

【図3】本発明を適用した実施例1および2のプラズマCVD方法を、その工程順に示す図面であり、(a)は半導体基板上の層間絶縁膜に接続孔を開いた状態、(b)は Ti 層を形成した状態、(c)はさらに TiN 層を形成した状態、(d)はAl系金属層を形成した状態である。

【図4】従来例の説明に供する、コリメーション・スパッタリング装置の一例を示す概略断面図である。

【図5】従来例の問題点をその工程順に説明する概略断面図であり、(a)は半導体基板上の層間絶縁膜に接続孔を開いた状態、(b)は Ti 層を形成した状態、(c)は TiN 層を形成した状態、(d)はAl系金属層を形成してボイドが発生した状態である。

【図6】従来例のICPによるプラズマCVD装置を示す概略断面図である。

【図7】従来例のTCPによるプラズマCVD装置を示す概略断面図である。

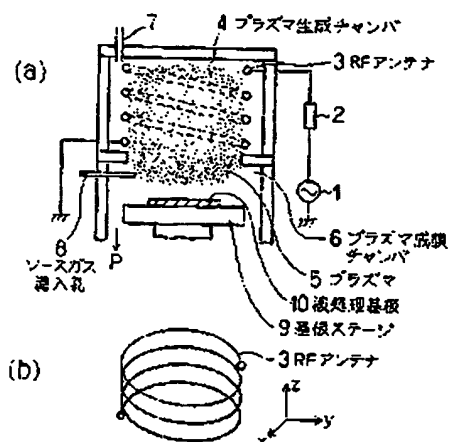
【符号の説明】

- | | |
|----|-------------|
| 1 | RF電源 |
| 2 | マッチングネットワーク |
| 3 | RFアンテナ |
| 4 | プラズマ生成チャンバ |
| 5 | プラズマ |
| 6 | プラズマ成膜チャンバ |
| 7 | プラズマガス導入孔 |
| 8 | ソースガス導入孔 |
| 9 | 基板ステージ |
| 10 | 被処理基板 |
| 11 | ターゲット |
| 12 | コリメータ |
| 13 | スパッタリングチャンバ |
| 14 | 誘電体材料窓 |
| 15 | 付着膜 |
| 31 | 半導体基板 |
| 32 | 層間絶縁膜 |
| 33 | 接続孔 |
| 34 | Ti 層 |
| 35 | TiN 層 |
| 36 | Al系金属層 |
| 37 | ボイド |

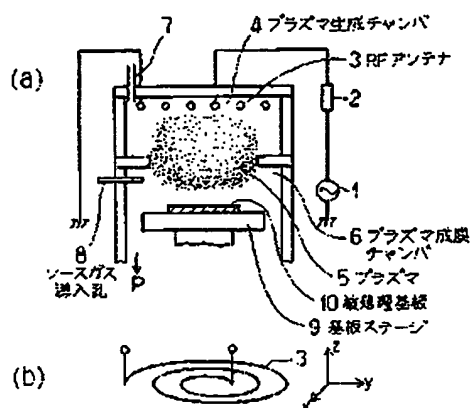
(8)

特開平8-81777

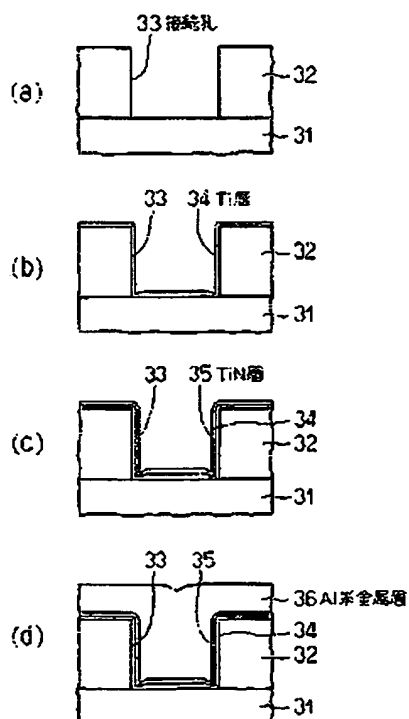
【図1】



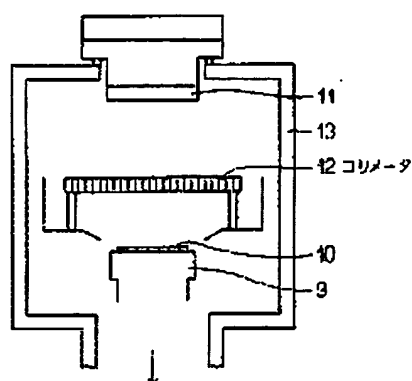
【図2】



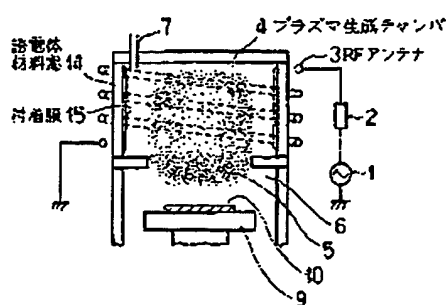
【図3】



【図4】



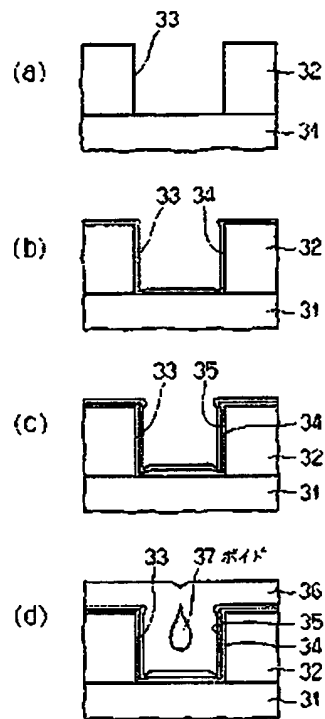
【図6】



(9)

特開平8-81777

【図5】



【図7】

